

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

第2814528号

(45) 発行日 平成10年(1998)10月22日

(24) 登録日 平成10年(1998)8月14日

(51) Int. Cl. ⁶	識別記号	P I
C 2 2 C 38/00	3 0 2	C 2 2 C 38/00 3 0 2 Z
C 2 1 D 8/10		C 2 1 D 8/10 D
9/08		9/08 E
C 2 2 C 38/44		C 2 2 C 38/44
38/50		38/50

請求項の数7 (全 7 頁)

(21) 出願番号	特願平1-62698	(73) 特許権者	99999999 住友金属工業株式会社 大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号
(22) 出願日	平成1年(1989)3月15日	(72) 発明者	近藤 邦夫 大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号 住友金属工業株式会社内
(65) 公開番号	特開平2-243739	(72) 発明者	岡田 康幸 大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号 住友金属工業株式会社内
(43) 公開日	平成2年(1990)9月27日	(74) 代理人	弁理士 広瀬 章一 (外1名)
審査請求日	平成8年(1996)2月29日	審査官	長谷 義久
		(56) 参考文献	特開 昭57-13152 (J P, A)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 油井用マルテンサイト系ステンレス鋼材とその製造方法

1	2
(57) 【特許請求の範囲】	* Nb: 3.5~8.0%, Al: 0.001~0.1%, N: 0.1%以下, Mo: 0.1%~4.0%, 残部はFeおよび不可避免的不純物 より成り、かつ
【請求項1】 重量%で、 C: 0.05%以下、Si: 1.0%以下、 Mn: 0.1~3.0%、P: 0.04%以下、 S: 0.005%以下、Cr: 15%超19%以下、	* $30Cr(\%) + 36Mo(\%) + 14Si(\%) - 28Ni(\%) \leq 455(\%)$ $21Cr(\%) + 25Mo(\%) + 17Si(\%) + 35Ni(\%) \leq 731(\%)$
である鋼組成を有する硫化物応力腐食割れ性に優れた油井用マルテンサイト系ステンレス鋼材。	5%のうちの1種または2種以上を含む、請求項1または2記載の油井用マルテンサイト系ステンレス鋼材。
【請求項2】 重量%でさらに、Ti: 0.5%以下、Nb: 0.5%以下、V: 0.5%以下およびZr: 0.5%以下のうちの1種または2種以上を含む、請求項1記載の油井用マルテンサイト系ステンレス鋼材。	【請求項4】 請求項1ないし3のいずれかに記載のマルテンサイト系ステンレス鋼を用いて熱間成形後、急冷または徐冷することを特徴とする硫化物応力腐食割れ性に優れた油井用鋼材の製造方法。
【請求項3】 重量%でさらに、Ca: 0.001~0.05%、Mg: 0.001~0.05%、La: 0.001~0.05%およびCe: 0.001~0.0	【請求項5】 請求項1ないし3のいずれかに記載のマルテンサイト系ステンレス鋼を用いて熱間成形後、急冷ま

全項目

(19)【発行国】日本国特許庁(JP)
(12)【公報種別】特許公報(B2)
(11)【特許番号】第2814528号
(24)【登録日】平成10年(1998)8月14日
(45)【発行日】平成10年(1998)10月22日
(54)【発明の名称】油井用マルテンサイト系ステンレス鋼材とその製造方法
(51)【国際特許分類第6版】

C22C 38/00 302
C21D 8/10
9/08
C22C 38/44
38/50

【FI】

C22C 38/00 302 Z
C21D 8/10 D
9/08 E
C22C 38/44
38/50

【請求項の数】7

【全頁数】7

(21)【出願番号】特願平1-62698
(22)【出願日】平成1年(1989)3月15日
(65)【公開番号】特開平2-243739
(43)【公開日】平成2年(1990)9月27日
【審査請求日】平成8年(1996)2月29日
(73)【特許権者】

【識別番号】999999999

【氏名又は名称】住友金属工業株式会社

【住所又は居所】大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

(72)【発明者】

【氏名】近藤 邦夫

【住所又は居所】大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号 住友金属工業株式会社内

(72)【発明者】

【氏名】岡田 康孝

【住所又は居所】大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号 住友金属工業株式会社内

(74)【代理人】

【弁理士】

【氏名又は名称】広瀬 章一 (外1名)

【審査官】長者 義久

(56)【参考文献】

【文献】特開 昭57-13152(JP, A)

(58)【調査した分野】(Int. Cl. 6, DB名)

C22C 38/00 302

C21D 9/08

C21D 8/10

【(57)【特許請求の範囲】】

【請求項1】重量%で、C:0.05%以下、Si:1.0%以下、Mn:0.1~3.0%、P:0.04%以下、S:0.005%以下、Cr:15%超19%以下、Ni:3.5~8.0%、Al:0.001~0.1%、N:0.1%以下、Mo:0.1%~4.0%、残部はFeおよび不可避的不純物より成り、かつ $30\text{Cr}(\%) + 36\text{Mo}(\%) + 14\text{Si}(\%) - 28\text{Ni}(\%) \leq 455(\%)$

$21\text{Cr}(\%) + 25\text{Mo}(\%) + 17\text{Si}(\%) + 35\text{Ni}(\%) \leq 731(\%)$

である鋼組成を有する硫化物応力腐食割れ性に優れた油井用マルテンサイト系ステンレス鋼材。

【請求項2】重量%でさらに、Ti:0.5%以下、Nb:0.5%以下、V:0.5%以下およびZr:0.5%以下のうちの1種または2種以上を含む、請求項1記載の油井用マルテンサイト系ステンレス鋼材。

【請求項3】重量%でさらに、Ca:0.001~0.05%、Mg:0.001~0.05%、La:0.001~0.05%およびCe:0.001~0.05%のうちの1種または2種以上を含む、請求項1または2記載の油井用マルテンサイト系ステンレス鋼材。

【請求項4】請求項1ないし3のいずれかに記載のマルテンサイト系ステンレス鋼を用いて熱間成形後、急冷または徐冷することを特徴とする硫化物応力腐食割れ性に優れた油井用鋼材の製造方法。

【請求項5】請求項1ないし3のいずれかに記載のマルテンサイト系ステンレス鋼を用いて熱間成形後、急冷または徐冷してから A_{c1} 点以下に加熱した後、急冷または徐冷することを特徴とする硫化物応力腐食割れ性に優れた油井用鋼材の製造方法。

【請求項6】請求項1ないし3のいずれかに記載のマルテンサイト系ステンレス鋼を用いて熱間成形後、急冷または徐冷してから A_{c1} 点以上に加熱した後、急冷または徐冷することを特徴とする硫化物応力腐食割れ性に優れた油井用鋼材の製造方法。

【請求項7】請求項1ないし3のいずれかに記載のマルテンサイト系ステンレス鋼を用いて熱間成形後、急冷または徐冷してから A_{c1} 点以上の温度に加熱した後、急冷または徐冷し、次いで A_{c1} 点以下の温度に再加熱して、以後急冷または徐冷することを特徴とする硫化物応力腐食割れ性に優れた油井用鋼材の製造方法。

【発明の詳細な説明】**(産業上の利用分野)**

本発明は、油井あるいはガス井(以下、単に「油井」と総称する)に使用される油井用の鋼材とその製造方法に関し、特に炭酸ガス、硫化水素、塩素イオンなど腐食性不純物を含有していて極めて腐食環境の厳しい油井(ガス井)で使用されるのに適した耐食性と強度とを有する鋼材とその製造方法に関するものである。

(従来の技術)

近年、石油または天然ガスを採取するための井戸の環境がますます過酷なものになっており、深さの増加に加えて炭酸ガス、硫化水素を含む油井が増え、それにつれて材料の強度が要求される一方、腐食などによる材料の脆化が大きな問題となっている。

従来、一般の油井用鋼材の一つである油井管は炭素鋼や低合金鋼を使用するのが通常であったが、使用する油井の環境が過酷になるにつれて、合金量を増加させた鋼が用いられるようになってきている。例えば、炭酸ガスを多く含有する油井では、Crの添加が耐食性を著しく向上させることが知られており、Crを9%添加した9Cr-1Mo鋼や、Crを13%添加したSUS420マルテンサイト系ステンレス鋼が多く用いられてきている。ところが、Crを添加したマルテンサイト鋼は耐硫化物応力腐食割れ性が芳しくなく、前述のような炭酸ガスだけでなく硫化水素をも同時に含むような環境下では応力腐食割れ感受性が極めて高く、その使用が制限されているのが実情である。

このような炭酸ガスと硫化水素とを同時に含む油井環境では、現状では、さらに合金元素を高め

た2相ステンレス鋼やオーステナイト系ステンレス鋼を用いざるを得ないが、合金元素の添加が多くなってくるのでコスト上昇が著しい。

特開昭60-174859号公報には、上述のSUS420鋼をベースに、Ni、Moの添加および0.02%以下へのC量の低下を図って、腐食性の高い油井環境下での耐硫化水素腐食性を確保させようという試みが開示されている。

この公報に開示された鋼種によれば、確かにCr、Moの添加で耐食性は向上するが、ますます苛酷化する油井環境下で使用するには耐食性の面でいまだ十分でない。

(発明が解決しようとする課題)

ここに、本発明の一般的な目的は、それら従来技術の問題点を解決することであって、油井用鋼材に要求される高強度を備え、炭酸ガスと硫化水素の共存する環境下でも良好な耐食性を有する鋼で、耐食性向上合金元素であるCr含有量を更に高めることによって十分な耐食性を有する鋼材とその製造方法を提供することである。

従来の9Cr-1Mo鋼やSUS420鋼では、炭酸ガスに対する耐食性が良好なものの、硫化水素に対する耐食性が不十分であった。特に、油井の中では採油開始初期は、腐食性不純物としては炭酸ガスのみであったのが、採油を継続していくにしたがってバクテリアによって硫化水素が発生する、いわゆるバクテリア腐食問題などが近年報告されるにつれて、硫化物応力腐食割れに抵抗性を具備した鋼材が求められている。現状ではコストが大幅に向上する2相ステンレス鋼や高合金を使用せざるを得ないが、これらの鋼は、例えば油井管としての満足な強度を有しておらず、冷間加工で強度を満足させるため、管端を据込鍛造で予め増肉するアップセット品が製造できないという弱点をも有している。このようなアップセット加工は油井管の場合、管相互の連結用のネジが管端に形成されて薄肉化するため、所定の強度確保のために必要な工程である。

したがって、本発明のより具体的目的は、耐食性合金元素であるCr含有量のさらなる増加を図って、硫化水素に対する耐応力腐食割れ性を十分に改善して、さらに油井管として適正な高強度を有し、アップセット品も製造可能な加工性を備えたマルテンサイト単相鋼とそれを使用した鋼材、例えば油井管とその製造方法とを提供することである。

(課題を解決するための手段)

本発明者らは、かかる目的を達成すべく、まず炭酸ガス、硫化水素および塩化物イオンを含む環境下での耐応力腐食割れ性を中心とする耐食性に及ぼす合金元素の影響を調べるべく、各種の実験、検討を重ねた結果、次のような知見を得た。

■従来のSUS420鋼において、Cr、Ni、Moを適正量添加するとともに、CおよびNの上限を定めることにより上述した環境での耐食性が著しく改善されること。

■さらに高強度を有する必要性からCr含有量を多くするに当って安定にδフェライトを含まないマルテンサイト単相鋼を得る成分系とすること。

■上述のように成分系を適正に調整すれば、今までのマルテンサイト系ステンレス鋼の常識であった焼入れ、焼き戻し処理を経ずして焼入れままでも適切な強度と耐食性を有する画期的な鋼が得られること。

よって、ここに本発明の要旨とするところは、重量%で、C:0.05%以下、Si:1.0%以下、Mn:0.1~3.0%、P:0.04%以下、S:0.005%以下、Cr:15%超19%以下、Ni:3.5~8.0%、Al:0.001~0.1%、N:0.1%以下、Mo:0.1%~4.0%、残部はFeおよび不可避的不純物より成り、かつ $30\text{Cr}(\%) + 36\text{Mo}(\%) + 14\text{Si}(\%) - 28\text{Ni}(\%) \leq 455(\%)$

$21\text{Cr}(\%) + 25\text{Mo}(\%) + 17\text{Si}(\%) + 35\text{Ni}(\%) \leq 731(\%)$

である鋼組成を有する硫化物応力腐食割れ性に優れた油井用マルテンサイト系ステンレス鋼材である。

上記鋼組成にはさらに必要により Ti:0.5%以下、Nb:0.5%以下、V:0.5%以下およびZr:0.5%以下のうちの1種または2種以上、および/または Ca:0.001~0.05%、Mg:0.001~0.05%、La:0.001~0.05%およびCe:0.001~0.05%のうちの1種または2種以上を含有していてもよい。

したがって、本発明によれば、高強度とすぐれた耐食性とを有し、更に微量合金元素を添加することで従来マルテンサイト系ステンレス鋼の常識である焼入れ、焼き戻し処理をせず圧延まま、あるいは焼入れままでも強度バラツキが小さな鋼材が得られる。また、焼入れ時の強度バラツキが小さいので焼き戻し後の強度コントロールも容易である。

このように、本発明によれば、熱間加工ままでも、焼入れままでも、あるいは焼入れ焼き戻し処理しても、さらには鋳造もしくは溶接ままでの使用にも耐えるのであって、したがって本発明にかかる鋼材は、これまで知られることのなかったすぐれたマルテンサイト系ステンレス鋼材である。

なお、ここに「鋼材」は板材、棒材はもちろん、管材をも包含する。

(作用)

次に、本発明において上述のように鋼組成を限定した理由を詳述する。なお、本明細書において「%」はとくに断りがない限り、「重量%」である。

C:含有量が0.05%を超えると、強度が上昇しすぎ、硫化物応力割れ感受性が高くなるので、上限を0.05%とした。なお、耐食性の面からはCは少なければ少ない程よく、望ましくは0.02%以下である。

Si:通常の製鋼過程で脱酸剤として必要である。1.0%を超えると靱性が低下すると共に、δフェライトが生成しやすくなるので1.0%を上限とした。

Mn:熱間加工性を改善するために0.1%以上の含有が必要である。3.0%超の添加ではその効果が飽和してしまう。Mn量が多いと残留オーステナイトが生成しやすいので望ましくは0.5%未満がふさわしい。

S:熱間加工性からは少なければ少ない程良好である。脱硫コストとのかねあいで上限を0.005%とすれば通像の熱間加工が可能である。

P:0.04%を超えると硫化物応力割れ性が著しく低下する。

Cr:炭酸ガスと微量硫化水素環境での耐食性改善に効果を有する。15%以下では満足な耐食性が得られず、19%を越えるとフェライトが生成しやすくなり強度が得られなくなる。

Ni:硫化水素に対する耐食性を確保するのに添加するのであって、3.5%未満ではその効果が十分でないばかりでなく、逆に耐硫化物応力腐食割れ性が低下する。一方8%を超えると耐応力腐食割れ性の改善効果が飽和するばかりでなく、コスト上昇を招く。

Al:脱酸剤として使用する。0.001%未満ではその効果がなく、0.1%を超えると介在物が多くなって耐食性が損なわれる。

N:0.1%を超えると強度が上昇しすぎ硫化物応力耐食割れ感受性が高くなる。耐食性の面からもNは少ない方が良好で、望ましくは0.02%以下である。

Mo:硫化水素に対する耐食性に効果を有する。0.1%未満ではその効果が少なく、4.0%を超えるとδフェライトが生成しやすくなり、強度が得られなくなるので上限を4.0%以下とした。

Ti, Nb, V, Zr:これらの合金元素は所望により添加され高温の熱間加工時や溶体化時にCやNと化合物を作り、鋼中のフリーな(C+N)量をコントロールする作用を有し、実生産において、圧延まま、あるいは溶体化まま、あるいは焼戻し後の強度のコントロールがその配合量を調節することにより可能となる。それぞれ0.5%を超えるとその効果が飽和する。

Ca, Mg, La, Ce:これらの合金元素は所望により添加され熱間加工性の改善に使用する。それぞれ0.001%未満では効果がなく0.05%を超えると耐食性が低下する。

さらに、本発明にあつては、鋼組成は次の式を満足しなければならない。

$$30\text{Cr}(\%) + 36\text{Mo}(\%) + 14\text{Si}(\%) - 28\text{Ni}(\%) \leq 455(\%) \cdots \text{式(1)}$$

$$21\text{Cr}(\%) + 25\text{Mo}(\%) + 17\text{Si}(\%) + 35\text{Ni}(\%) \leq 731(\%) \cdots \text{式(2)}$$

すなわち、本発明の対象鋼種は油井用であるのでマルテンサイト単相鋼が望ましく、通常のオーステナイト化温度である900～1100℃でオーステナイト単相鋼となり、冷却すればマルテンサイト鋼に変態することが必要である。高温でδフェライトが生成せずにオーステナイト相となるには式(1)を満足する必要がある。

一方、室温にまで冷却してマルテンサイト単相鋼になるには式(2)を満足する必要がある。

以上の組成を有する鋼は通常の熱間加工で例えば管体にまで成形した後、特に急冷を要せず冷却したままでも適正な強度と耐食性を兼ね備えているが、さらに熱処理を行うと、一層耐食性が向上する。なお、熱間加工後に急冷しても問題ない。

本発明にしたがって、製管を行ってから熱処理を行う場合は、次のいずれかの方法が望ましい。

(I) 熱間加工後、急冷または徐冷したものをAc₁点以下で焼戻す (II) 熱間加工後、急冷または徐冷したものをAc₁点以上で加熱し、一部もしくはすべて再オーステナイト化した後急冷または徐冷

して焼入れる。

(III)さらに(II)の材料を Ac_1 点以下で焼戻した後に急冷または徐冷する。

(I)の場合は直接焼入れ—焼戻し過程となり、加熱温度は直接焼入れ時の残留応力を緩和する意味合いでその範囲の決定を行う。従って、好ましくは応力緩和の起こる 450°C 以上、 Ac_1 点以下で行う。

(II)の場合は、焼入れままの熱処理となる。 Ac_1 点以上に加熱して、一部あるいは全部オーステナイト化した後冷却する。再オーステナイト化は均質化の意味合いもあるので、 Ac_3 点以上の温度が望ましい。

(III)の場合は、(II)で焼入れした材料の応力緩和のための焼戻しを行うから再加熱は Ac_1 点以下とする。

なお、本発明における製管は特に制限されないが、例示すればマンネスマン・マンドレルミル法のような工程を経て行う製管法が例示される。

次に実施例により本発明をさらに具体的に説明する。

なお、以下の実施例にあつては熱間圧延を行うだけであるが、当業者には製管工程を行った場合も同様の作用効果を示すものであることは理解されよう。

実施例 第1表に示す組成を有するA～O鋼をそれぞれ溶製し、熱間圧延で12mm厚の板とした。次いで、第2表に示す熱処理を行い直径4mm、平行部34mmの丸棒引張り試験片を採取して引張り強度を測定した。

腐食試験は、いずれも2mm厚×10mm幅×80mm長のUベンド曲げ試験片をそれぞれ2個作成し、第1図に示すように、試験片1を曲げ治具2によって曲率半径Rが7.5mmとなるように曲げ応力を付した状態で行った。試験環境は5%NaCl+0.03気圧 H_2S +30気圧 CO_2 (温度: 25°C)とし、336時間の浸漬試験後、試験片を取り出し、腐食減量を測定するとともに肉眼による外観観察および試験片断面の光学顕微鏡観察によって割れの有無を調査した。

これら両試験の結果を第3表にまとめて示す。

なお、表中「○○」は試験片2個共に割れなし、「××」は試験片2個とも割れ発生を表わす。

従来例24、25は従来 13Cr 鋼と $9\text{Cr}-1\text{Mo}$ 鋼の結果であるが、この環境では腐食速度が大きく硫化物応力腐食割れも見られ、好ましくない。

比較例26、27はC、N量が本発明鋼種の範囲外となっており、強度が著しく高く、腐食速度が良好なものの応力割れを起こしている。比較例28、29は、それぞれ $F=30\text{Cr}(\%) + 36\text{Mo}(\%) + 14\text{Si}(\%) - 28\text{Ni}(\%) \leq 455$ または $M=21\text{Cr}(\%) + 25\text{Mo}(\%) + 17\text{Si}(\%) + 35\text{Ni}(\%) \leq 731$ を満たさない例で、耐食性能は良好であるが、強度が油井管として適切でない。

比較例30は特開昭60-174859号に開示する鋼に相当する。腐食速度は小さいが硫化物応力割れが認められ耐食性が十分ではない。

しかしながら、本発明例1～23に示すように、本発明鋼種は種々の熱処理条件で処理しても、あるいは熱間圧延まゝでも油井管としての必要な引張り強度と、耐食性を兼ねそなえており、上述のような苛酷な環境で使用される油井管として好適に使用し得ることが分かる。これらの鋼はいずれも、マルテンサイト単一相であつた。

第 1 表

鋼種	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	AQ	N	そ の 他	F (注)	H (注)	Ac ₁	Ac ₃
本 発 明 例	A	0.017	0.44	0.38	0.02	0.001	18.5	7.3	0.008	0.008	Ti=0.15, Mg=0.0025	357.5	652.0	580	757
	B	0.008	0.35	0.30	0.02	0.001	17.5	6.5	0.012	0.012	Ca=0.003	349.7	602.2	615	831
	C	0.023	0.31	0.44	0.01	0.001	16.3	5.5	0.088	0.085	Nb=0.25, V=0.05, Zr=0.01	340.1	540.6	646	863
	D	0.002	0.26	0.27	0.02	0.001	16.8	6.1	0.016	0.011		416.0	625.7	637	878
	E	0.007	0.17	0.18	0.02	0.001	18.3	7.1	0.022	0.009	Ca=0.002, La=0.0015	395.8	665.7	595	805
	F	0.043	0.36	2.50	0.02	0.002	15.6	4.3	0.035	0.012	Ti=0.21	353.7	485.0	677	916
	G	0.013	0.13	0.33	0.02	0.001	15.2	7.2	0.010	0.007	Nb=0.10, Ce=0.002	389.4	665.9	651	913
	H	0.005	0.21	0.24	0.02	0.002	15.7	6.1	0.029	0.010		418.3	626.8	659	925
	I	0.210	0.36	0.63	0.02	0.001	12.9	0.02	0.003	0.012		391.8	278.0	820	927
	J	0.120	0.42	0.55	0.02	0.001	9.2	0.01	0.005	0.008		282.0	200.9	780	910
比 較 例	K	0.082	0.35	0.43	0.02	0.001	16.9	6.8	0.009	0.030	Ti=0.20	397.1	651.3	623	850
	L	0.026	0.28	0.42	0.02	0.001	15.3	6.2	0.016	0.121	V=0.10	321.7	565.6	629	765
	M	0.015	0.25	0.36	0.02	0.002	16.9	3.6	0.021	0.008	Nb=0.15, Ca=0.0022	535.7	572.7	—	—
	N	0.011	0.43	0.31	0.01	0.001	18.6	7.9	0.055	0.005	Ti=0.23	447.2	746.9	—	—
	O	0.019	0.44	0.68	0.02	0.002	12.5	3.8	0.005	0.008		303.6	423.0	699	820

(注) F=30Cr09+36Mo09+14Si09+28Ni09 M=21Cr09+25Mo09+17Si09+35Ni09

第 2 表

No	鋼種	熱 処 理 条 件	引張り強度 (kgf/mm ²)	耐食速度 (g/m ² ・hr)	硬 化 物 応力割れ
1	A	1000℃×15分 WQ → 500℃×60分 AC	85.4	0.056	○○
2	B	熱間圧延後 (仕上がり 980℃) AC	87.0	0.023	○○
3	B	800℃×15分 AC	86.1	0.029	○○
4	B	800℃×15分 AC	86.0	0.019	○○
5	B	950℃×15分 AC	87.8	0.015	○○
6	B	800℃×15分 AC → 550℃×30分 AC	85.8	0.030	○○
7	B	950℃×15分 AC → "	86.2	0.039	○○
8	C	1000℃×15分 WQ → 500℃×30分 AC	85.1	0.032	○○
9	D	熱間圧延後 (仕上がり 1030℃) WC	89.1	0.007	○○
10	D	600℃×15分 AC	87.7	0.007	○○
11	D	850℃×15分 WQ	88.1	0.008	○○
12	D	1000℃×15分 WQ	89.4	0.008	○○
13	D	850℃×15分 WQ → 550℃×30分 AC	87.0	0.008	○○
14	D	1000℃×15分 WQ → 550℃×30分 AC	87.3	0.007	○○
15	E	1100℃×15分 WQ → 530℃×60分 AC	87.5	0.013	○○
16	F	1000℃×15分 WQ → 600℃×30分 AC	86.6	0.035	○○
17	G	1000℃×15分 AC → 570℃×30分 AC	88.5	0.005	○○
18	H	熱間圧延後 (仕上がり 1050℃) AC	89.0	0.003	○○
19	H	600℃×15分 AC	88.5	0.003	○○
20	H	900℃×15分 WQ	89.8	0.002	○○
21	H	1000℃×15分 WQ	90.9	0.002	○○
22	H	900℃×15分 WQ → 550℃×30分 AC	88.3	0.003	○○
23	H	1000℃×15分 WQ → "	88.7	0.003	○○

本 発 明 例

(第2表つづき)

No	鋼種	熱 処 理 条 件	引張り強度 (kgf/mm ²)	耐食速度 (g/m ² ・hr)	硬 化 物 応力割れ
24	I	1000℃×15分 WQ → 730℃×30分 AC	80.2	2.53	××
25	J	" → 690℃×30分 AC	82.5	2.68	××
26	K	1000℃×15分 WQ → 550℃×30分 AC	112.3	0.026	××
27	L	" → "	105.0	0.054	××
28	M	" → "	53.4	0.008	○○
29	N	" → "	52.2	0.005	○○
30	O	" → 600℃×30分 AC	89.6	0.067	××

(注) AC ... 空冷、WQ ... 油冷、WQ ... 水冷

(発明の効果)

以上実施例からも明らかとなおり、本発明は、塩化物イオンと炭酸ガスと微量の硫化水素ガスが存在する苛酷な油井環境中でも満足する耐食性を備え、かつ油井管として適当な強度も有し、さらに工業的には強度バラツキの小さい均質な鋼材が容易に得られるという、まことに有益な鋼を提供するものであり、その実用上の利益は大きい。

【図面の簡単な説明】

第1図は、実施例で用いたUペンド曲げ試験片の応力付与状態を示す図である。

【第1図】